

US 10/707,989

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年   1 月 3 0 日  
Date of Application:

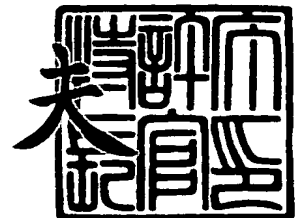
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 7 4  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 2 2 0 7 4 ]

出   願   人                      ローム株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月   5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 0 9 2 9



【書類名】 特許願

【整理番号】 JP020576P

【提出日】 平成15年 1月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H05H 1/46

【発明者】

    【住所又は居所】 京都市右京区西院溝崎町 2 1    ローム株式会社内

    【氏名】 篠原 壽邦

【特許出願人】

    【識別番号】 000116024

    【氏名又は名称】 ローム株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100094145

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 小野 由己男

    【連絡先】 0 6 - 6 3 1 6 - 5 5 3 3

【選任した代理人】

    【識別番号】 100106367

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 稲積 朋子

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 020905

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書    1

    【物件名】 図面    1

    【物件名】 要約書    1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反応器内の試料にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置であって、  
マイクロ波を発生するマイクロ波発生手段と、

前記マイクロ波発生手段に接続され、前記試料の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状であり、前記マイクロ波発生手段から発生したマイクロ波の電界強度分布を前記試料の処理面に沿って概ね均一にする第 1 誘電体と、

前記マイクロ波により前記反応器内に発生するプラズマを用いて前記試料を処理する処理手段とを有し、

前記試料の処理面に沿う方向における、前記第 1 誘電体の対向する二辺の間隔  $L_{d1}$  は、実質的に下記式 (1) を満たすプラズマ処理装置

$$L_{d1} = n_{d1} (\lambda_1 / 2) \quad \dots (1)$$

ここで、 $\lambda_1$ ：前記第 1 誘電体内のマイクロ波の波長

$n_{d1}$ ：1 以上の整数。

【請求項 2】

前記反応器と前記第 1 誘電体との間に設けられ、少なくとも一つのスロットが形成されており、前記第 1 誘電体内のマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持またはさらに高めるスロット板と、

前記スロット板と前記反応器との間に設けられ、前記試料の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状であり、前記スロット板から供給されるマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持またはさらに高める第 2 誘電体とをさらに有し、

前記試料の処理面に沿う方向における、前記第 2 誘電体の対向する二辺の間隔  $L_{d2}$  は、実質的に下記式 (2) を満たす、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置

$$L_{d2} = n_{d2} (\lambda_2 / 2) \quad \dots (2)$$

ここで、 $\lambda_2$ ：前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長

$n_{d2}$ ：1 以上の整数。

**【請求項 3】**

前記反応器は、前記試料の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状であり、かつ前記反応器の対向する二辺の長さ  $L_p$  は、実質的に下記式 (3) を満たす、請求項 1 または 2 に記載のプラズマ処理装置

$$L_p = n_p (\lambda_p / 2) \quad \cdots (3)$$

ここで、 $\lambda_p$ : 前記反応器内のマイクロ波の波長

$n_p$ : 1 以上の整数。

**【請求項 4】**

前記第 1 誘電体及び前記第 2 誘電体の各々の比誘電率は実質的に同一である、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

**【請求項 5】**

前記第 1 誘電体内のマイクロ波の波長  $\lambda_1$  と前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長  $\lambda_2$  とが、実質的に下記式 (4) を満たす、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置

$$\lambda_1 / 2 = m (1 / 2) \lambda_2 \quad \cdots (4)$$

ここで、 $\lambda_1$ : 前記第 1 誘電体内のマイクロ波の波長

$\lambda_2$ : 前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長

$m$ : 1 以上の整数。

**【請求項 6】**

前記第 1 誘電体内のマイクロ波の波長  $\lambda_1$ 、前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長  $\lambda_2$  及び前記反応器内のマイクロ波の波長  $\lambda_p$  が、実質的に下記式 (5) 及び (6) を満たす、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置

$$\lambda_1 / 2 = m (1 / 2) \lambda_2 \quad \cdots (5)$$

$$\lambda_1 / 2 = k (1 / 2) \lambda_p \quad \cdots (6)$$

ここで、 $\lambda_1$ : 前記第 1 誘電体内のマイクロ波の波長

$\lambda_2$ : 前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長

$\lambda_p$ : 前記反応器内のマイクロ波の波長

$m$ 、 $k$ : 1 以上の整数。

**【発明の詳細な説明】**

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロ波により発生したプラズマを利用するプラズマ処理装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年、IC (integrated circuit) の微細化及びウェハの大口径化が進み、それに伴い大口径な薄膜を均一に作成することが要求されている。特に、ゲート酸化膜は、ICの特性を左右するため薄く均一に形成する必要がある。そこでゲート酸化膜等の薄膜を、マイクロ波（例えば、2.45GHz）を用いたプラズマ処理装置により形成している。このマイクロ波を用いたプラズマ処理装置では、高い周波数を有するマイクロ波により高密度、低電子温度のプラズマを得ることができる。よって、ゲート酸化膜等の薄膜への電氣的破壊や物理的破壊の影響を抑えることができる。このようにマイクロ波を用いると効率よくダメージの少ない薄膜を形成することができるが、マイクロ波の波長はウェハ径と同程度であるため、マイクロ波により大口径な薄膜を均一に作成する場合、後述の波の性質による影響を受け易い。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

プラズマ処理装置において、プラズマを発生させるためのマイクロ波が伝搬する領域である誘電体等は、試料（例えばシリコンウェハ）の形状に合わせて、円筒形状や円形状に形成されている。そのため、図12に示すように、マイクロ波が円筒形状の伝搬領域の壁面14において互いに集まる方向、あるいは分散する方向に反射する。これは、マイクロ波の波の性質が顕著であるためである。図13は、このような円筒形状の伝搬領域におけるマイクロ波の電界強度分布であり、マイクロ波の電界強度分布が円筒形状の領域内において中央部に偏り、不均一となる性質を有していることを示している。よって、円筒形状の伝搬領域において不均一となったマイクロ波により不均一なプラズマが発生し、この不均一なプラズマにより励起・活性化されたガス分子により試料の表面に薄膜が形成される

。そのため、均一な薄膜形成が困難となっている。また、ウェハの大口径に伴い、プラズマを発生させるマイクロ波の伝搬領域も大きくなるため、マイクロ波の電界強度分布の偏りが顕著となり易く、均一なプラズマを発生させることが困難となる。

#### 【0004】

そこで、マイクロ波がプラズマにより反射・吸収される性質を利用し、不均一なマイクロ波をプラズマに反射・吸収させて均一にする方法が採られている。例えば、円形状または円筒形状の外側部分のみからマイクロ波の導入を行って不均一なマイクロ波を導入し、そのマイクロ波の不均一性をプラズマにより吸収し、バランスをとることで均一な励起を行う方法が用いられている。

しかし、この方法では、ガスの流量・組成比、圧力、試料温度等のプロセス条件の変化に対してバランスを維持することが難しく、処理内容に応じて、そのプロセス条件を設定する必要がある。また、メンテナンス等による多少の状態変化によってもプロセス条件が変わってしまう等、プロセスマージンが小さいという問題がある。

#### 【0005】

そこで、本発明は、試料の処理面に対して均一な処理を施すことができるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、プロセスマージンを拡大することができるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本願第1発明は、反応器内の試料にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置であって、マイクロ波を発生するマイクロ波発生手段と、前記マイクロ波発生手段に接続され、前記試料の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状であり、前記マイクロ波発生手段から発生したマイクロ波の電界強度分布を前記試料の処理面に沿って概ね均一にする第1誘電体と、前記マイクロ波により前記反応器内に発生するプラズマを用いて前記試料を処理する処理手段とを有し、前記試料の処理面に沿う方向における、前記第1誘電体の対向

する二辺の間隔  $L_{d1}$  は、実質的に下記式 (1) を満たすプラズマ処理装置を提供する。

【0007】

$$L_{d1} = n_{d1} (\lambda_1 / 2) \quad \dots (1)$$

ここで、 $\lambda_1$ : 前記第 1 誘電体内のマイクロ波の波長

$n_{d1}$ : 1 以上の整数である。

上記のプラズマ処理装置では、マイクロ波が伝播する第 1 誘電体の断面を対向する二辺が平行な矩形状とし、その長さを上記のように設定することで、第 1 誘電体の端面における多重反射による波の打ち消し合いが低減する。よって、マイクロ波の電界強度分布が試料の処理面に沿って全体として概ね均一（以下、単に均一という）となり、均一なプラズマが発生する。このプラズマにより励起・活性化されたガス分子によって均一な薄膜形成やエッチングなどが可能となる。また、ガスの流量・組成比等のプロセス条件の変更やメンテナンス等によるプロセス条件の変化に対しても、マイクロ波の電界強度分布が偏りにくい。よって、プロセスマージンを拡大することができる。

【0008】

本願第 2 発明は、前記第 1 発明において、前記反応器と前記第 1 誘電体との間に設けられ、少なくとも一つのスロットが形成されており、前記第 1 誘電体内のマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持またはさらに高めるスロット板と、前記スロット板と前記反応器との間に設けられ、前記試料の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状であり、前記スロット板から供給されるマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持またはさらに高める第 2 誘電体とをさらに有し、前記試料の処理面に沿う方向における、前記第 2 誘電体の対向する二辺の間隔  $L_{d2}$  は、実質的に下記式 (2) を満たすプラズマ処理装置を提供する。

【0009】

$$L_{d2} = n_{d2} (\lambda_2 / 2) \quad \dots (2)$$

ここで、 $\lambda_2$ : 前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長

$n_{d2}$ : 1 以上の整数である。

上記の長さ  $L_{d2}$  を有する第 2 誘電体により前記第 1 発明と同様の効果が得られ

る。また、スロット板によってもマイクロ波が均一化されるため、さらにマイクロ波を均一化することができる。

本願第3発明は、前記第1または第2発明において、前記反応器は、前記試料の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状であり、かつ前記反応器の対向する二辺の長さ $L_p$ は、実質的に下記式(3)を満たすプラズマ処理装置を提供する。

【0010】

$$L_p = n_p (\lambda_p / 2) \quad \cdots (3)$$

ここで、 $\lambda_p$ : 前記反応器内のマイクロ波の波長

$n_p$ : 1以上の整数である。

上記の構成により、反応器内のマイクロ波による多重反射がプラズマに与える影響を低減することができ、効率よくプラズマを発生させることができる。

本願第4発明は、前記第2発明において、前記第1誘電体及び前記第2誘電体の各々の比誘電率は実質的に同一であるプラズマ処理装置を提供する。

【0011】

比誘電率が実質的に同一であると、前記試料の処理面に沿う方向における第1誘電体及び第2誘電体の長さを揃えることができるため、より現実的な設計が可能となる。

本願第5発明は、前記第2発明において、前記第1誘電体内のマイクロ波の波長 $\lambda_1$ と前記第2誘電体内のマイクロ波の波長 $\lambda_2$ とが、実質的に下記式(4)を満たすプラズマ処理装置を提供する。

$$\lambda_1 / 2 = m (1 / 2) \lambda_2 \quad \cdots (4)$$

ここで、 $\lambda_1$ : 前記第1誘電体内のマイクロ波の波長

$\lambda_2$ : 前記第2誘電体内のマイクロ波の波長

$m$ : 1以上の整数である。

【0012】

上記の構成により、それぞれの誘電体内を伝搬するマイクロ波の位相が互いに実質的に一致しており、干渉して減衰するのを防止することができ、均一なプラズマを発生させることができる。

本願第6発明は、前記第2発明において、前記第1誘電体内のマイクロ波の波長 $\lambda_1$ 、前記第2誘電体内のマイクロ波の波長 $\lambda_2$ 及び前記反応器内のマイクロ波の波長 $\lambda_p$ が、実質的に下記式(5)及び(6)を満たすプラズマ処理装置を提供する。

【0013】

$$\lambda_1/2 = m(1/2)\lambda_2 \cdots (5)$$

$$\lambda_1/2 = k(1/2)\lambda_p \cdots (6)$$

ここで、 $\lambda_1$ : 前記第1誘電体内のマイクロ波の波長

$\lambda_2$ : 前記第2誘電体内のマイクロ波の波長

$\lambda_p$ : 前記反応器内のマイクロ波の波長

$m$ 、 $k$ : 1以上の整数である。

第1誘電体、第2誘電体及び反応器内のマイクロ波の位相がお互いに実質的に一致しており、第5発明と同様の効果が得られる。

【0014】

【発明の実施の形態】

<プラズマ処理装置>

プラズマ処理装置は、マイクロ波発生器、処理室及び処理室上部のマイクロ波伝搬領域を有しており、以下のように処理が行われる。

マイクロ波発生器より発生したマイクロ波がマイクロ波伝搬領域を伝搬し、ガス雰囲気処理室内に電界が形成される。この電界とガスとによりプラズマが発生し、プラズマにより生成された化学種により成膜、エッチング、気相洗浄等の処理が処理室内の試料に施される。

【0015】

このようなプラズマを利用したプラズマ処理装置には、プラズマにより酸化・窒化を行う装置(以下、プラズマ酸窒化装置という)、プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) 装置、プラズマエッチング装置、プラズマアッシング装置、プラズマ洗浄装置、プラズマアニール装置等がある。

以下に、本発明のプラズマ処理装置として、プラズマ酸窒化装置を例に挙げて

説明する。

#### <第1実施形態例>

図1は第1実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置の外観、図2は図1のA-A'を含む試料の処理面に垂直な方向における図1の装置の断面図、図3は図1に示すプラズマ酸窒化装置の要部の分解斜視図、図4は矩形誘電体15のY方向のマイクロ波の波長を示す説明図である。なお図3に示すように、矩形誘電体15の試料12の処理面に沿う断面において、二組の対向する平行な二辺と同一なそれぞれの方向をX方向及びY方向とし、X、Y方向と垂直な方向をZ方向とする。

#### 【0016】

第1実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置は、マイクロ波発生器1、矩形導波管2及びチャンバ4を有している。チャンバ4には、成膜ガス等のガスを導入するガス導入口5及びガスを排出するガス排出口6が取り付けられている。また、チャンバ4は、矩形状のチャンバ蓋（以下、矩形チャンバ蓋）4aと円筒形状の処理室（以下、円形処理室）4bとを有している。円形処理室4bには、矩形チャンバ蓋4aと対向する位置に試料12を処理するための試料台11が設けられている。円形処理室4bの側面には、ガス導入口5から成膜ガス等のガスを円形処理室4bに供給するガス導入部10が設けられている。一方、矩形チャンバ蓋4aには、試料12の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状の誘電体（以下、矩形誘電体）15が円形処理室4bの上部を覆うように設けられている。矩形誘電体15は、例えば平行四辺形、長方形、正形状である。チャンバ4上には、矩形導波管2及び矩形導波管2に接続されたマイクロ波発生器1が設けられている。

#### 【0017】

このとき、矩形誘電体15のY方向の長さ $L_{15Y}$ は、実質的に、下記式(7)を満たすように設定する。

$$L_{15Y} = n_{15Y} (\lambda_{15} / 2) \quad \dots (7)$$

ここで、 $\lambda_{15}$ は矩形誘電体15内のマイクロ波の波長、 $n_{15Y}$ は1以上の整数である。

また同様に、矩形誘電体 15 の X 方向の長さ  $L_{15X}$  を、実質的に、下記式 (8) を満たすように設定しても良い。

【0018】

$$L_{15X} = n_{15X} (\lambda_{15} / 2) \quad \dots (8)$$

ここで、 $n_{15X}$  は 1 以上の整数である。

上記の式 (7) 及び (8) の矩形誘電体 15 内のマイクロ波の波長  $\lambda_{15}$  は、矩形誘電体 15 の X 方向及び Y 方向の長さが波長  $\lambda_{15}$  より十分に大きい場合、X 方向及び Y 方向など全方向において実質的に同じ波長となり、下記式 (9) で表される。

【0019】

【数 1】

$$\lambda_{15} = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_{r15}}} \quad \dots (9)$$

ここで、 $\lambda$  = 自由空間波長、 $\epsilon_{r15}$  = 矩形誘電体 15 の比誘電率である。

矩形誘電体 15 内の設計は、矩形誘電体 15 内でのマイクロ波の伝播方向の成分を考慮し、X 方向及び Y 方向の長さを設定する。さらに、Z 方向の長さについても同様に設定すると好ましい。

この誘電体としては、石英、フッ素樹脂、ポリエチレン、ポリスチレン等の誘電損失の少ない物質が好ましい。誘電体は、真空、空気、ガス等比誘電率が “1” である場合を含む。また、誘電体の表面の少なくとも一部が導体で覆われている場合を含む。矩形導波管 2 のかわりに、スロットアンテナ、同軸アンテナ等その他のアンテナを設けても良い。このプラズマ酸化装置では、例えば以下のように成膜の処理が行われる。

【0020】

まず、ガス排出口 6 より排気を行って、円形処理室 4 b 内を所定の真空度にし、ガス導入口 5 及びガス導入部 10 を介して円形処理室 4 b 内にガスを導入する。次に、マイクロ波発生器 1 より発生したマイクロ波を、矩形導波管を介して矩形誘電体 15 に導入する。矩形誘電体 15 内において、マイクロ波の電界強度分

布を試料 12 の処理面に沿う方向に概ね均一化する（以下、電界強度分布が概ね均一なマイクロ波を、均一なマイクロ波と称する。また、以下の“均一”とは“試料 12 の処理面に沿う方向に概ね均一”をいうものとする）。矩形誘電体 15 により均一化されたマイクロ波は、円形処理室 4b 内に導入される。導入されたマイクロ波により発生したプラズマは、ガス分子を励起・活性化させ化学種を生成し、試料 12 の表面に薄膜を形成する。

#### 【0021】

このプラズマ酸化装置は、試料 12 の処理面に沿う面方向にマイクロ波を伝搬させる領域、すなわち矩形誘電体 15 の試料 12 の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状である。よって、図 5 に示すように、マイクロ波がその進行方向と垂直な壁面 16 において、入射された方向と鏡面方向に反射される。図 6 は、このような断面が矩形状の断面を有する伝搬領域におけるマイクロ波の電界強度分布である。この図は、マイクロ波の進行方向と垂直な壁面 16 で反射されたマイクロ波が、中央部に偏っておらず全体として均一な電界強度分布となることを示している。さらに、矩形誘電体 15 の Y 方向及び／または X 方向の長さを矩形誘電体 15 内の半波長の整数倍に設定することで、マイクロ波の定在波条件が満たされ、矩形誘電体 15 内のマイクロ波が安定する。よって、矩形誘電体 15 の端面での多重反射による波の打ち消し合いが低減し、効率よく均一なプラズマを発生させることができる。

#### 【0022】

このように矩形誘電体 15 の形状を設定することで、マイクロ波の電界強度分布が試料 12 の処理面に沿って全体として均一となる。その均一なマイクロ波により均一にプラズマが発生し、このプラズマにより均一な薄膜形成が可能となる。また、ガスの流量・組成比等のプロセス条件の変更やメンテナンス等によるプロセス条件の変化が生じて、マイクロ波が伝播する領域の形状が対向する二辺が平行な矩形状であり、かつその Y 方向及び／または X 方向の長さが定在波条件を満たすため、マイクロ波の電界強度分布が偏りにくい。よって、プロセスマージンを拡大することができる。

< 第 1 実施例 >

以下の図 7～図 11 を参照し、第 1 実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置について、第 1 実施例を挙げてより具体的に説明する。図 7 は第 1 実施例のプラズマ酸窒化装置の外観、図 8 は図 7 の B-B' を含む図中 X 軸に垂直な図 7 の装置の断面図、図 9 は図 7 に示すプラズマ酸窒化装置の要部の分解斜視図、図 10 は H 面スロットアンテナのスロット形状、図 11 は図 8 のプラズマ酸窒化装置の要部とマイクロ波伝搬領域における Y 方向のマイクロ波の波長との関係を示している。なお図 7 または図 9 に示すように、矩形アンテナ誘電体 34、矩形封止誘電体 38 及び矩形処理室 25b の試料 12 の処理面に沿う断面において、二組の対向する平行な二辺と同一なそれぞれの方向を X 方向及び Y 方向とし、X、Y 方向と垂直な方向を Z 方向とする。

#### [全体構成]

本実施例に係るプラズマ酸窒化装置は、矩形導波管 20、H 面スロットアンテナ 30 及び試料 12 の処理面に沿う断面が矩形状のチャンバ（以下、矩形チャンバ）25 を有している。また、矩形チャンバ 25 には、試料 12 の処理面に沿う断面が長形状または正形状の処理室（以下、矩形処理室）25b と、矩形処理室 25b を覆い、試料 12 の処理面に沿う断面が正形状または長形状のチャンバ蓋（以下、矩形チャンバ蓋）25a とが設けられている。

#### 【0023】

矩形チャンバ蓋 25a は、図 9 に示すように、上から順にそれぞれ矩形アンテナ誘電体 34、スロット 36a が設けられた、試料 12 の処理面に沿う断面が矩形状のスロット板（以下、矩形スロット板）36 及び矩形封止誘電体 38 を有している。矩形アンテナ誘電体 34 及び矩形封止誘電体 38 の試料 12 の処理面に沿う断面は、正形状または長形状である。矩形アンテナ誘電体 34 上には、試料 12 の処理面に沿う断面が長形状または正形状の H 面スロットアンテナ 30 が載置されており、この H 面スロットアンテナ 30 により矩形導波管 20 から矩形アンテナ誘電体 34 にマイクロ波が導入される。矩形処理室 25b には、試料台 11 が設けられており、試料台 11 上には、試料 12 が載置されている。

#### 【0024】

H 面スロットアンテナ 30 は、図 10 に示すように上部 30a、側部 30b 及

び底部 30c を有している。底部 30c つまり H 面スロットアンテナ 30 の H 面には、H 面スロットアンテナ 30 の Y 方向に沿って、長形状のスロット 30d が形成されている。H 面スロットアンテナ 30 上部には矩形導波管 20 が接続されている。

本実施例の矩形アンテナ誘電体 34 の X 方向の長さ  $L_{34X}$  及び矩形封止誘電体 38 の X 方向の長さ  $L_{38X}$  及び／または Y 方向の長さ  $L_{38Y}$  は、それぞれのマイクロ波伝搬領域を伝搬するマイクロ波の波長  $\lambda$  の半分 ( $\lambda/2$ ) の整数倍に設定されている。つまり、それぞれの X 方向及び／または Y 方向の長さを、実質的に次式 (10)、(11) 及び／または (12) を満たすように設定する。

$$L_{34X} = n_{34X} \times (\lambda_{34} / 2) \quad \cdots (10)$$

$$L_{38X} = n_{38X} \times (\lambda_{38} / 2) \quad \cdots (11)$$

$$L_{38Y} = n_{38Y} \times (\lambda_{38} / 2) \quad \cdots (12)$$

ここで、 $\lambda_{34}$  は矩形アンテナ誘電体 34 内のマイクロ波の波長、 $\lambda_{38}$  は矩形封止誘電体 38 内のマイクロ波の波長、 $n_{34X}$ 、 $n_{38X}$  及び  $n_{38Y}$  は 1 以上の整数である。また、波長  $\lambda_{34}$  及び波長  $\lambda_{38}$  は、矩形アンテナ誘電体 34 及び矩形封止誘電体 38 の X 方向及び Y 方向の長さがそれぞれの誘電体内を伝搬する波長に対して十分に大きい場合、前記式 (9) と同様に下記式 (13)、(14) で表される。

【0025】

【数 2】

$$\lambda_{34} = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_{r34}}} \quad \cdots (13)$$

$$\lambda_{38} = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_{r38}}} \quad \cdots (14)$$

ここで、 $\lambda$  = 自由空間波長、 $\epsilon_{r34}$  = 矩形アンテナ誘電体 34 の比誘電率、 $\epsilon_{r38}$  = 矩形封止誘電体 38 の比誘電率である。その他の構成は、前記第 1 実施形態例と同様である。

また、同様にして矩形アンテナ誘電体 34 の Y 方向の長さ、及び矩形アンテナ

誘電体 34 と矩形封止誘電体 38 の Z 方向の長さを同様に設定することができる。

### 【0026】

以下に、本実施例に係るプラズマ酸化装置の各部について詳細に説明する。

#### [矩形アンテナ誘電体]

長方形状または正方形状に形成されている矩形アンテナ誘電体 34 は、マイクロ波の電界強度分布を均一化する。また、矩形アンテナ誘電体 34 は、矩形処理室 25b との間に設けられた矩形スロット板 36 によって、矩形アンテナ誘電体 34 内のマイクロ波と矩形処理室 25b 内のプラズマにより反射されたマイクロ波との結合を抑制されている。そのため、矩形アンテナ誘電体 34 内を伝搬するマイクロ波はプラズマの影響を受けにくく、マイクロ波の電界強度分布が均一化し易い。さらに、矩形アンテナ誘電体 34 の X 方向及び／または Y 方向の長さが、マイクロ波の定在波条件を満たすように設定されているため、矩形アンテナ誘電体 34 内のマイクロ波が安定する。よって、マイクロ波の電界強度分布が均一となる。

#### [矩形封止誘電体]

矩形封止誘電体 38 は、長方形状または正方形状に形成されており、矩形スロット板 36 より導入されたマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持したままあるいはさらに高め、矩形封止誘電体 38 下方の矩形処理室 25b にプラズマを発生させるための電界を形成する。また、矩形封止誘電体 38 は、真空状態の矩形処理室 25b を大気から隔離し、清浄空間に保つ。また、矩形封止誘電体 38 の X 方向及び／または Y 方向の長さが、マイクロ波の定在波条件を満たすように設定されているため、矩形封止誘電体 38 内のマイクロ波が安定する。よって、マイクロ波の電界強度分布が均一となる。

#### [矩形処理室]

矩形処理室 25b では、矩形封止誘電体 38 内のマイクロ波により電界が形成される。矩形封止誘電体 38 から均一なマイクロ波が導入されているため、矩形処理室 25b 内では均一なプラズマが発生する。このプラズマにより励起・活性化されたガス分子によって、均一な薄膜が試料 12 上に形成される。矩形処理室

25bは、その中で発生したプラズマによりマイクロ波が反射・吸収されるため通常マイクロ波が伝搬する領域ではない。よって、矩形処理室25bの試料12処理面に沿う方向の断面は必ずしも長方形状または正方形状である必要はない。ただし、マイクロ波が完全に吸収されずに矩形処理室25b内を伝搬する場合もあるので、不均一なマイクロ波によりプラズマの均一性が乱されないように矩形処理室25bの試料12処理面に沿う断面を長方形状または正方形状とするのが好ましい。このようにすることで、プラズマの均一性をさらに高め、より均一な薄膜を形成することができ、また均一なプラズマを得るためのプロセスマージンを広げることができる。

#### 【0027】

また、矩形アンテナ誘電体34及び矩形封止誘電体38と同様に、矩形処理室25bのX方向及び／またはY方向の長さを、実質的に、矩形処理室25b内のマイクロ波の波長の半波長の整数倍を満たすように設定すると好ましい。矩形処理室25bには、前述の通りマイクロ波も存在するので、矩形処理室25b内を伝搬するマイクロ波による多重反射がプラズマに与える影響を低減するために、矩形処理室25bのY方向の長さを上記のように設定するのが好ましい。このようにすることで、プラズマの均一性をさらに高め、より均一な薄膜を形成することができ、また均一なプラズマを得るためのプロセスマージンを広げることができる。

#### [矩形スロット板]

矩形スロット板36は、矩形アンテナ誘電体34から導入されるマイクロ波の電界強度分布の均一性を、スロット36aにより保持したままあるいはさらに高める。また、矩形処理室25bで発生されるプラズマの影響が、矩形アンテナ誘電体34に及ぶのを抑制している。矩形スロット板36は、必ずしも試料12の処理面に沿う断面が長方形状または正方形状である必要はなく、矩形アンテナ誘電体34、矩形封止誘電体38及び矩形処理室25bを覆う形状であれば良く、例えば円形状であっても良い。

#### 【0028】

スロット36aは、矩形封止誘電体38内でのマイクロ波分布に応じて、その

傾斜角度を変更することもできる。つまり、試料 12 の処理方法や装置の処理条件などに応じて矩形封止誘電体 38 内でのマイクロ波の X 方向の伝搬成分と Y 方向の伝搬成分との比を考慮し、スロット 36a の傾斜角度を変更する。

#### [H 面スロットアンテナ]

H 面スロットアンテナ 30 は、図 10 に示すように底部 30c に H 面スロットアンテナ 30 の Y 方向に沿って、一定間隔毎に長方形状のスロット 30d を有している。よって、矩形アンテナ誘電体 34、矩形スロット板 36、矩形封止誘電体 38 によりマイクロ波を均一化するとともに、マイクロ波の電界強度分布の均一性を高めるのに有効である。ここでは、アンテナとして H 面スロットアンテナを用いているが、E 面スロットアンテナ、円形導波管、同軸導波管、スロット以外の結合素子等を使用することもできる。なかでも、断面が長方形状または正方形状のスロットアンテナを使用した場合には、一点に大電力が集中することがなく、発熱・異常放電等の特性変動が生じにくい。また、スロットアンテナが長方形状または正方形状であるため、矩形アンテナ誘電体 34 に固定し易く特性変動が生じにくいため、均一なプラズマを発生させることができる。

#### 【0029】

H 面スロットアンテナ 30 は、少なくとも 1 カ所に設置すればよいが、大口径な試料を処理する大型な装置に対応させて、複数個設けたり、分岐させて誘電体にマイクロ波を導入するようにしても良い。このとき、偶数個設けるようにすると設計が容易で好ましい。さらに  $2^n$  ( $n$  は自然数) 個設けるようにするとより好ましい。

#### [矩形チャンバ]

矩形チャンバ 25 は、矩形アンテナ誘電体 34、矩形封止誘電体 38 等にあわせて試料 12 の処理面に沿う断面を矩形状に形成すると電氣的・構造的な不整合が少なくなるので好ましい。ただし、プラズマが発生した際には、矩形チャンバ 25 内ではマイクロ波がプラズマに反射・吸収され、マイクロ波の伝搬領域ではなくなるため矩形状でなくても良い。

#### [効果]

本実施例に係るプラズマ酸化装置は、試料 12 の処理面に沿う面方向にマイ

クロ波を伝搬させる領域、すなわち矩形アンテナ誘電体 34 及び矩形封止誘電体 38 が長方形状または正形状を有しており、かつ各誘電体の X 方向及び／または Y 方向の長さがマイクロ波の定在波条件を満たすように設定されているので、各誘電体内のマイクロ波が安定する。よって、均一かつ高い効率でプラズマを発生させることができ、また、ガスの流量・組成比等プロセスマージンを拡大することができる。

### 【0030】

また、矩形アンテナ誘電体 34 により電界強度分布が均一化されたマイクロ波が、矩形スロット板 36 を介して均一に矩形封止誘電体 38 に導入され、矩形封止誘電体 38 によりさらに均一性が高められる。

同様の理由により、矩形スロット板 36、H 面スロットアンテナ 30、矩形導波管 20 もマイクロ波の定在波条件を満たすように長さを設定されていると好ましい。

#### <第 2 実施例>

以下に、第 1 実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置について、第 1 実施例で用いた図を再び用い、第 2 実施例を説明する。ただし、第 2 実施例に係るプラズマ酸窒化装置は、以下に記載の誘電率以外については、第 1 実施例と同様の構成を有している。第 1 実施例の構成に加えて、さらに矩形アンテナ誘電体 34 及び矩形封止誘電体 38 を同一物質で形成するか、あるいは同程度の比誘電率を有する物質で形成する。各誘電体内のマイクロ波の波長は、大口径チャンバにおいては、前記式 (13)、(14) で表され、比誘電率  $\epsilon_r$  により変化する。よって、比誘電率  $\epsilon_r$  が同程度であると波長  $\lambda_{34}$ 、 $\lambda_{38}$  が同程度となり、矩形アンテナ誘電体 34 及び矩形封止誘電体 38 の Y 方向の長さを揃えることができ、より現実的な設計が可能となる。

#### <第 3 実施例>

以下に、第 1 実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置について、第 1 実施例で用いた図を再び用い、第 3 実施例を説明する。ただし、第 3 実施例に係るプラズマ酸窒化装置は、以下に記載の矩形処理室 25b 以外については、第 1 実施例と同様の構成を有している。

## 【0031】

第1実施例または第2実施例の構成に加えて、さらに矩形アンテナ誘電体34内部でのマイクロ波の波長 $\lambda_{34}$ 及び矩形封止誘電体38の内部でのマイクロ波の波長 $\lambda_{38}$ の位相が図11に示すように互いに概ね一致している。つまり、実質的に、 $\lambda_{34}/2 = m(1/2)\lambda_{38}$ を満たすように誘電体の材質または長さを設定する。ここで、 $\lambda_{34}$ は矩形アンテナ誘電体34内のマイクロ波の波長、 $\lambda_{38}$ は矩形封止誘電体38内のマイクロ波の波長、 $m$ は1以上の整数である。このようにすることで、それぞれの誘電体内を伝搬するマイクロ波がお互いに干渉して減衰するのを防止することができ、均一なプラズマを発生させることができる。同じ理由から、矩形アンテナ誘電体34、矩形封止誘電体38及び矩形処理室25bの内部を伝搬する全てのマイクロ波の波長の位相が互いに概ね一致している、つまり、実質的に、 $\lambda_{34}/2 = m(1/2)$ 、 $\lambda_{38} = k(\lambda_{25}/2)$ を満たすように設定すると好ましい。ここで、 $\lambda_{25}$ は矩形処理室25b内のマイクロ波の波長、 $k$ は1以上の整数である。

## &lt;その他の実施形態例&gt;

(A) 本発明は、シリコンプロセス以外の化合物、FPD (Flat Panel Display) プロセス等に適用可能である。また、プラズマを用いないマイクロ波照射装置、マイクロ波加熱装置等にも適用可能である。

(B) 前記実施例は、必要に応じて組み合わせて用いることができる。

## 【0032】

## 【発明の効果】

本発明を用いれば、試料の処理面に対して均一な処理を施すことができるプラズマ処理装置を提供することができる。

また、本発明を用いれば、プロセスマージンを拡大することができるプラズマ処理装置を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

第1実施形態例に係るプラズマ酸化装置の外観図。

## 【図2】

A-A' を含む試料の処理面に垂直な方向における図 1 の装置の断面図。

【図 3】

図 1 に示すプラズマ酸化装置の要部の分解斜視図。

【図 4】

矩形誘電体 15 におけるマイクロ波の波長を示す説明図。

【図 5】

垂直な壁面におけるマイクロ波の進行方向を示す図。

【図 6】

長方形または正形状の伝搬領域におけるマイクロ波の電界強度分布図。

【図 7】

第 1 実施例のプラズマ酸化装置の外観図。

【図 8】

図 7 の B-B' を含む図中 X 軸に垂直な図 7 の装置の断面図。

【図 9】

図 7 に示すプラズマ酸化装置の要部の分解斜視図。

【図 10】

H 面スロットアンテナのスロット形状。

【図 11】

図 8 のプラズマ酸化装置の要部とマイクロ波伝搬領域におけるマイクロ波の波長との関係を示す説明図。

【図 12】

円筒形状の壁面におけるマイクロ波の進行方向を示す図。

【図 13】

円筒形状の伝搬領域におけるマイクロ波の電界強度分布図。

【符号の説明】

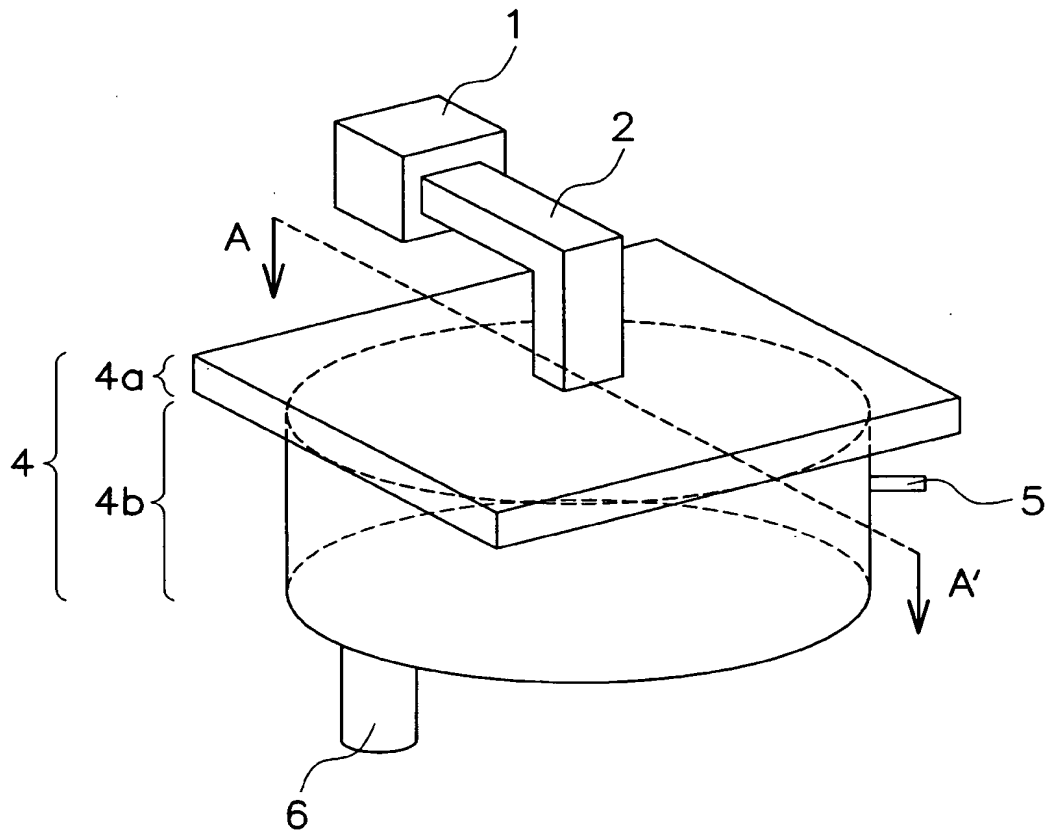
- 1 マイクロ波発生器
- 2、20 矩形導波管
- 3 同軸アンテナ
- 4 チャンバ

- 4 a 矩形チャンバ蓋
- 4 b 円形処理室
- 1 2 試料
- 1 5 矩形誘電体
- 2 5 矩形チャンバ
- 2 5 a 矩形チャンバ蓋
- 2 5 b 矩形処理室
- 3 0 H面スロットアンテナ
- 3 4 矩形アンテナ誘電体
- 3 6 矩形スロット板
- 3 8 矩形封止誘電体

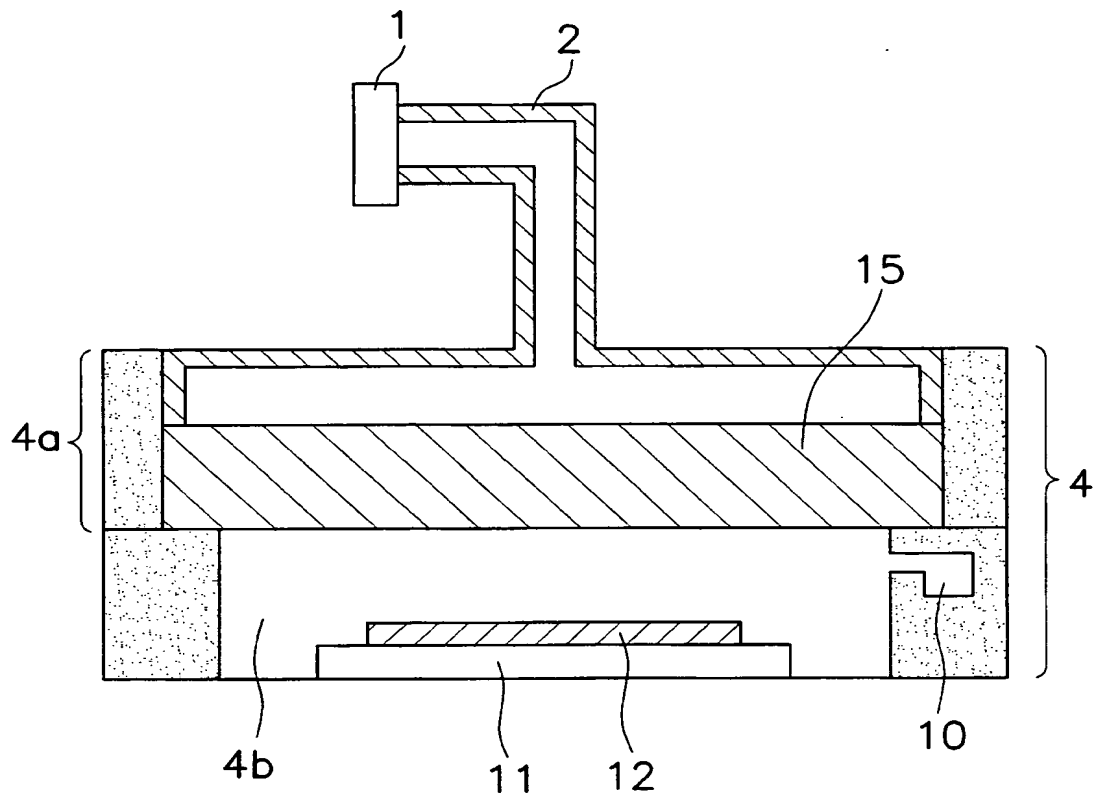
【書類名】

図面

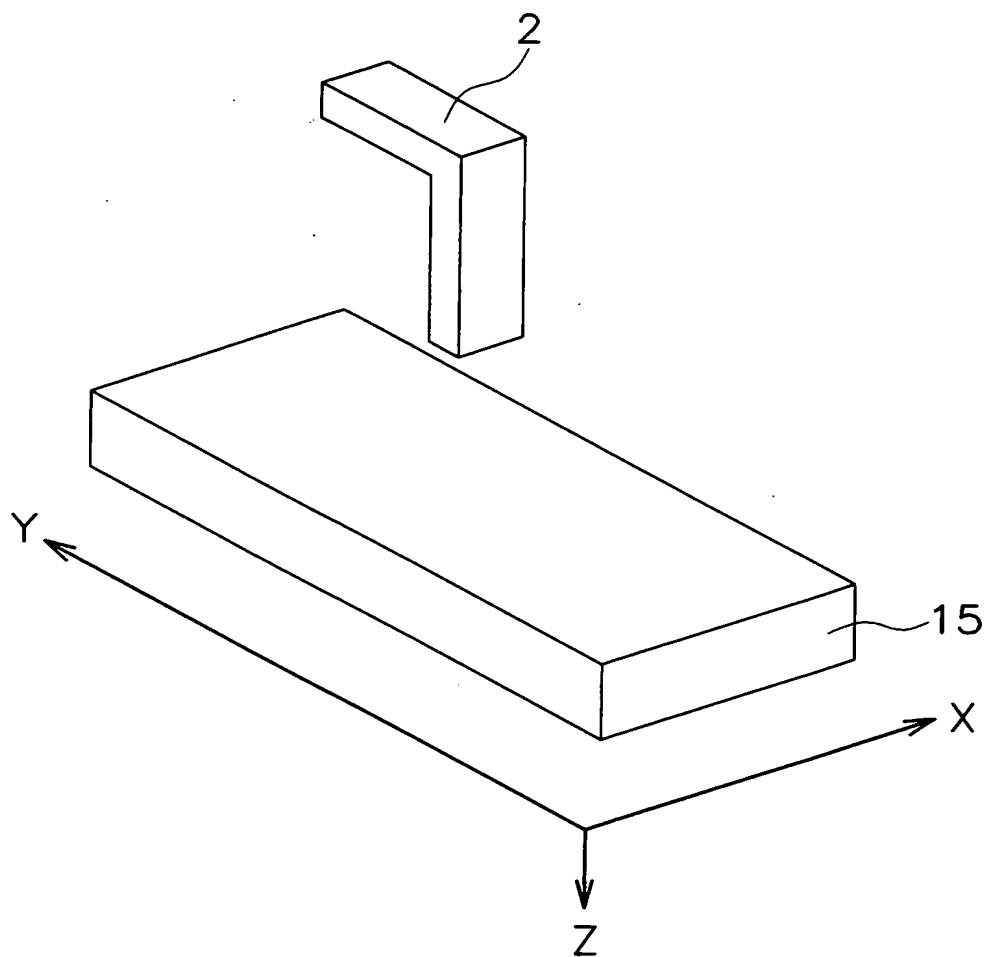
【図 1】



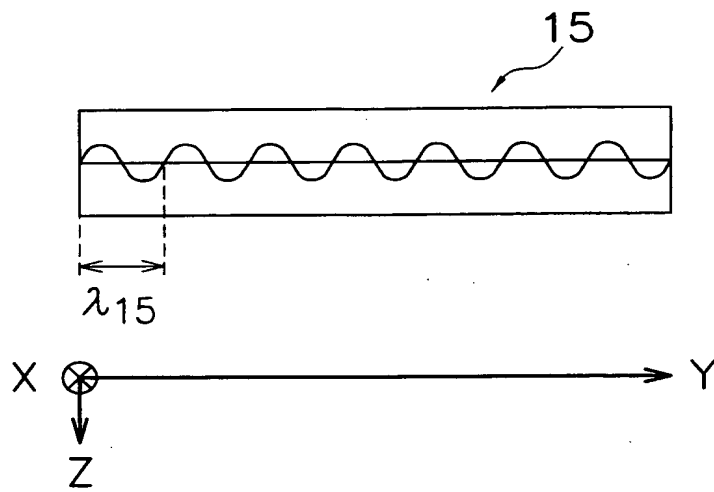
【図 2】



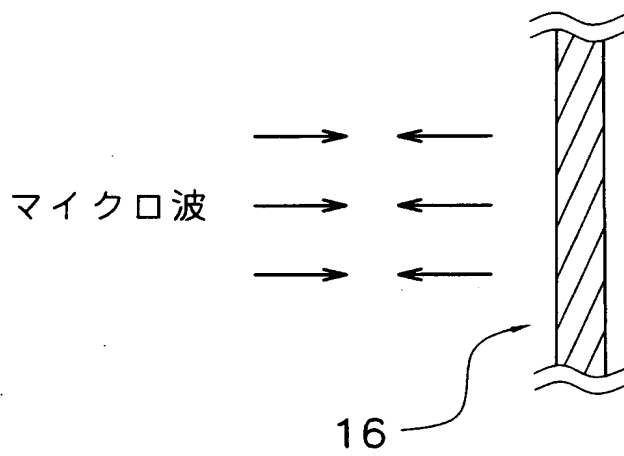
【図 3】



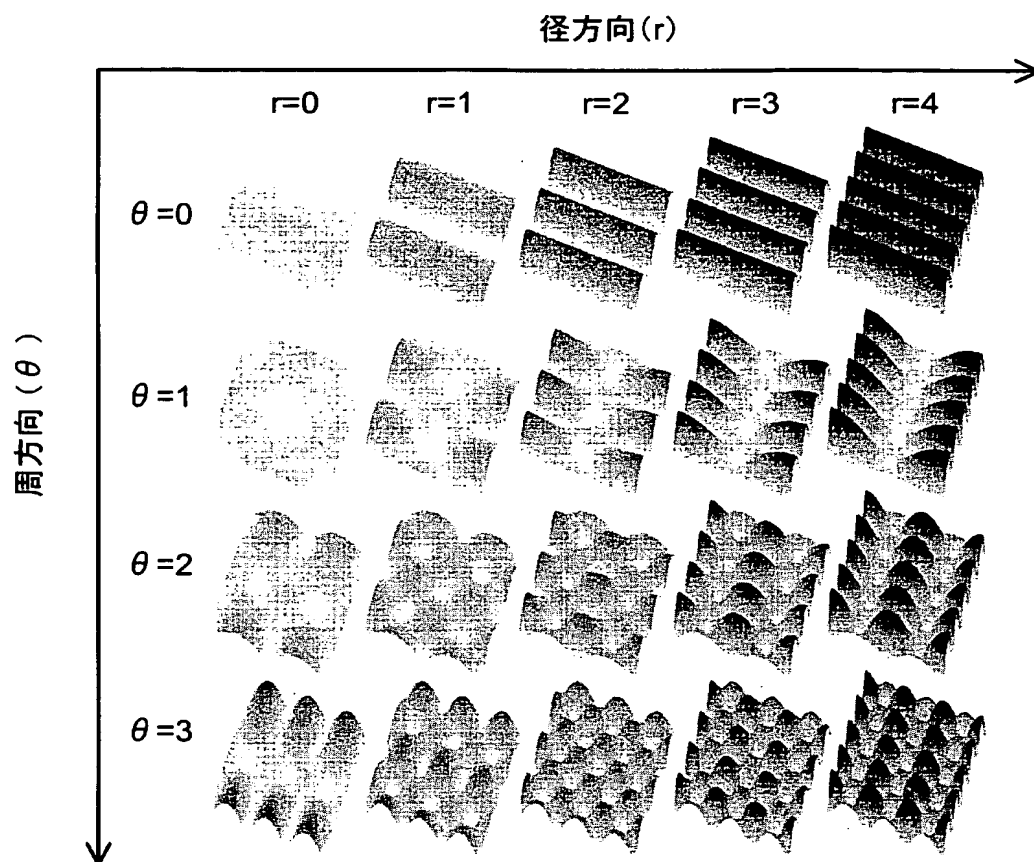
【図 4】



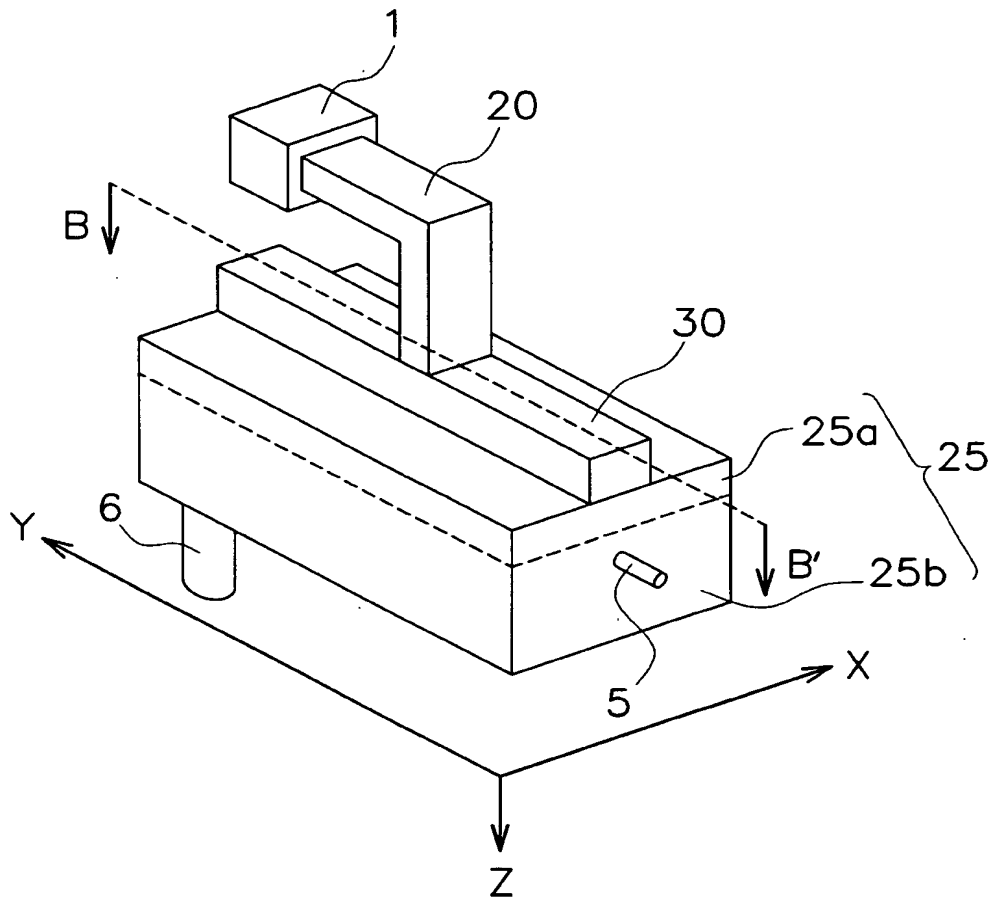
【図 5】



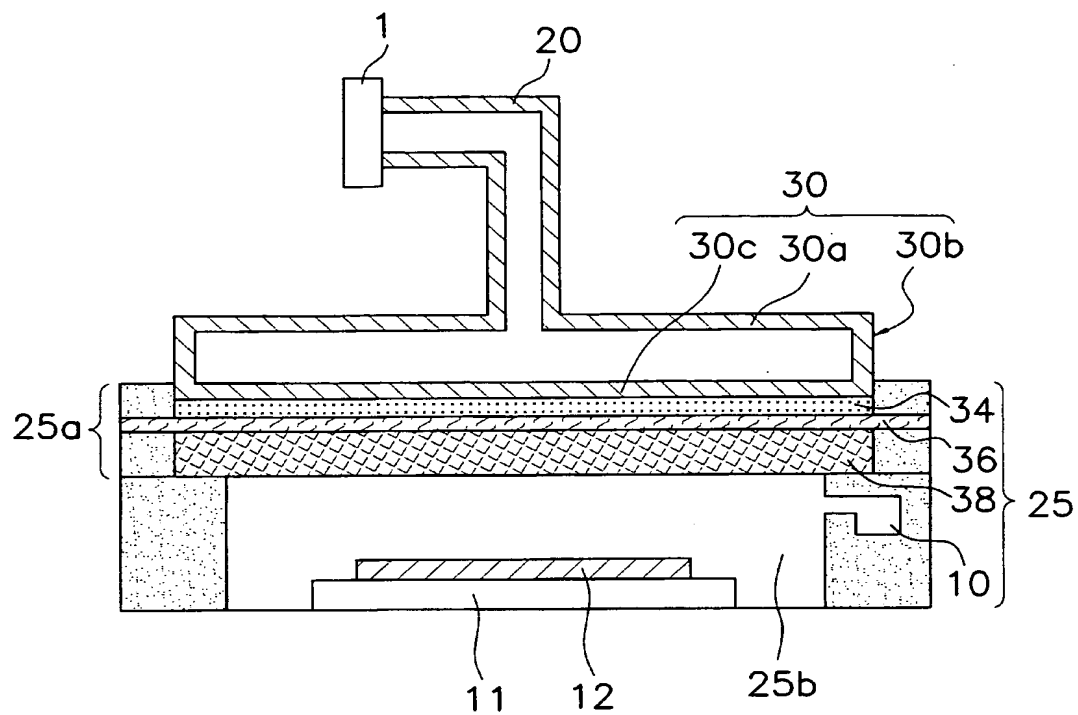
【図 6】



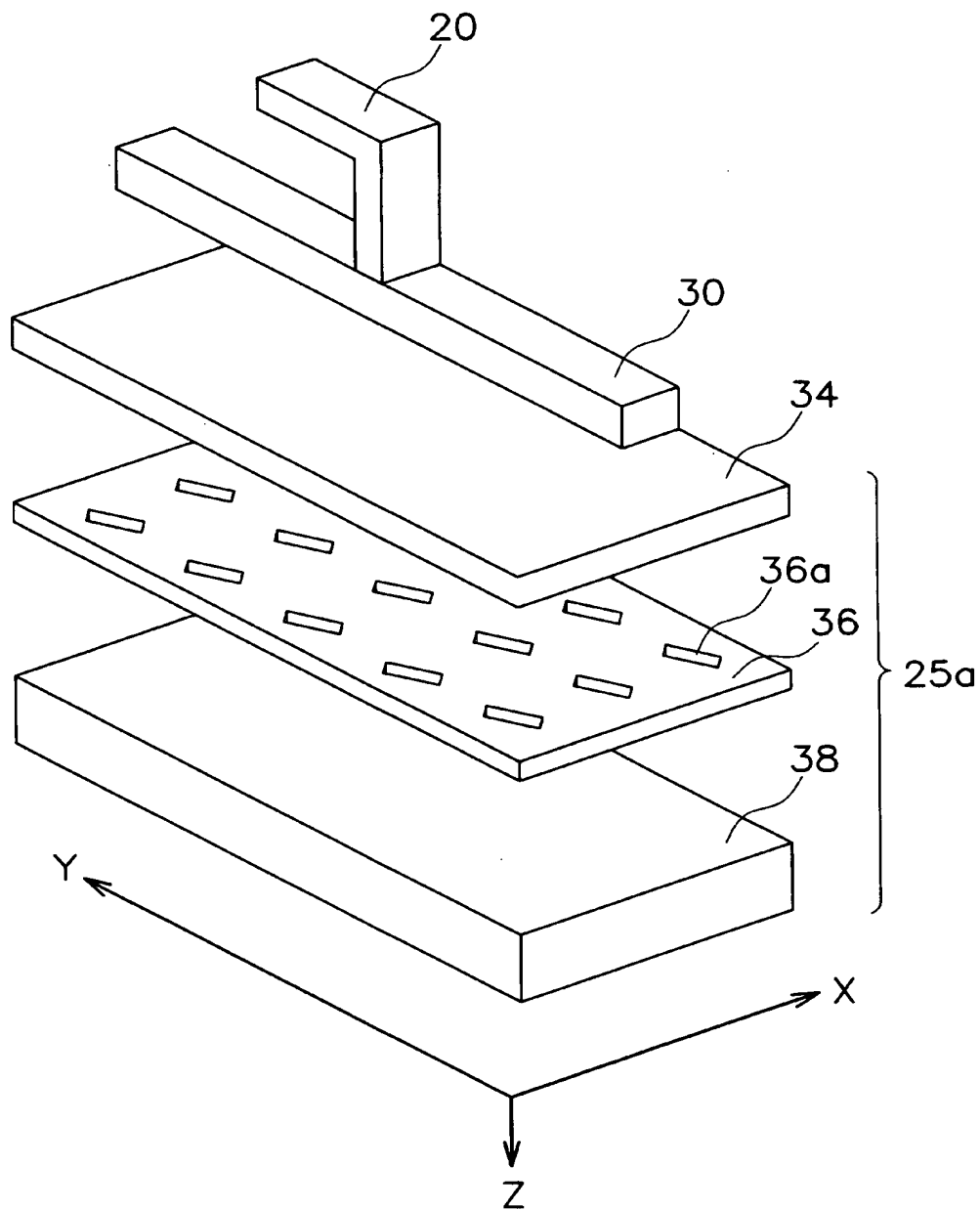
【図 7】



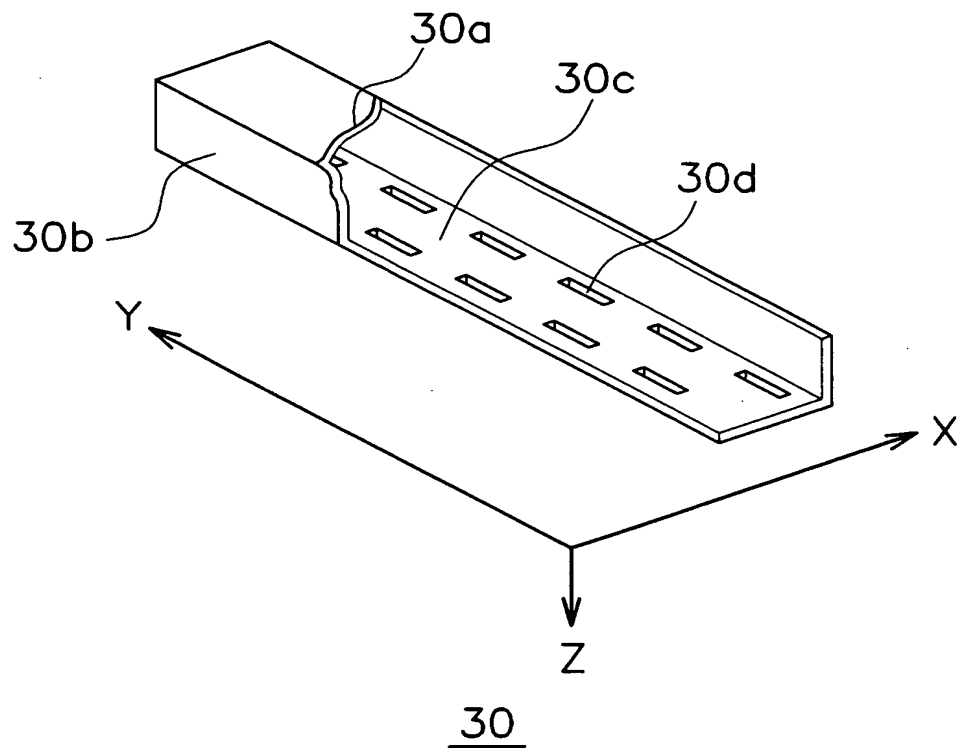
【図 8】



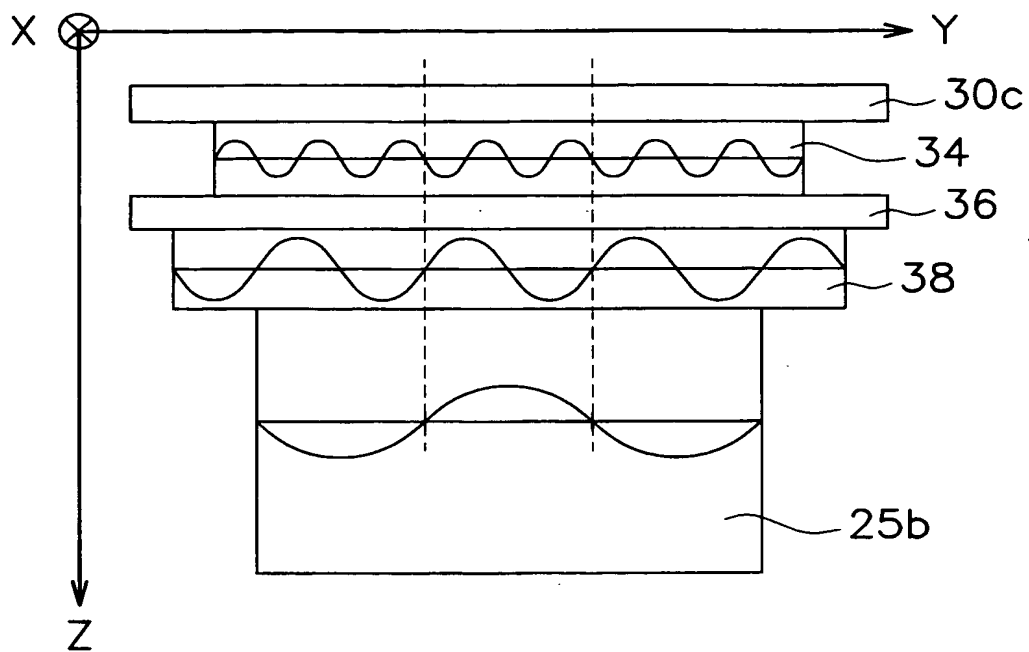
【図 9】



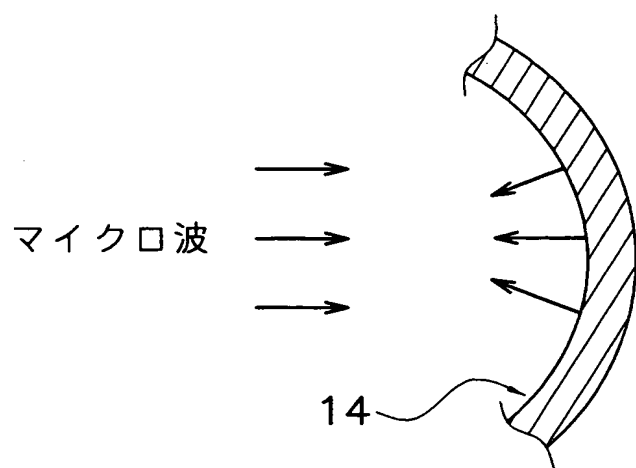
【図 10】



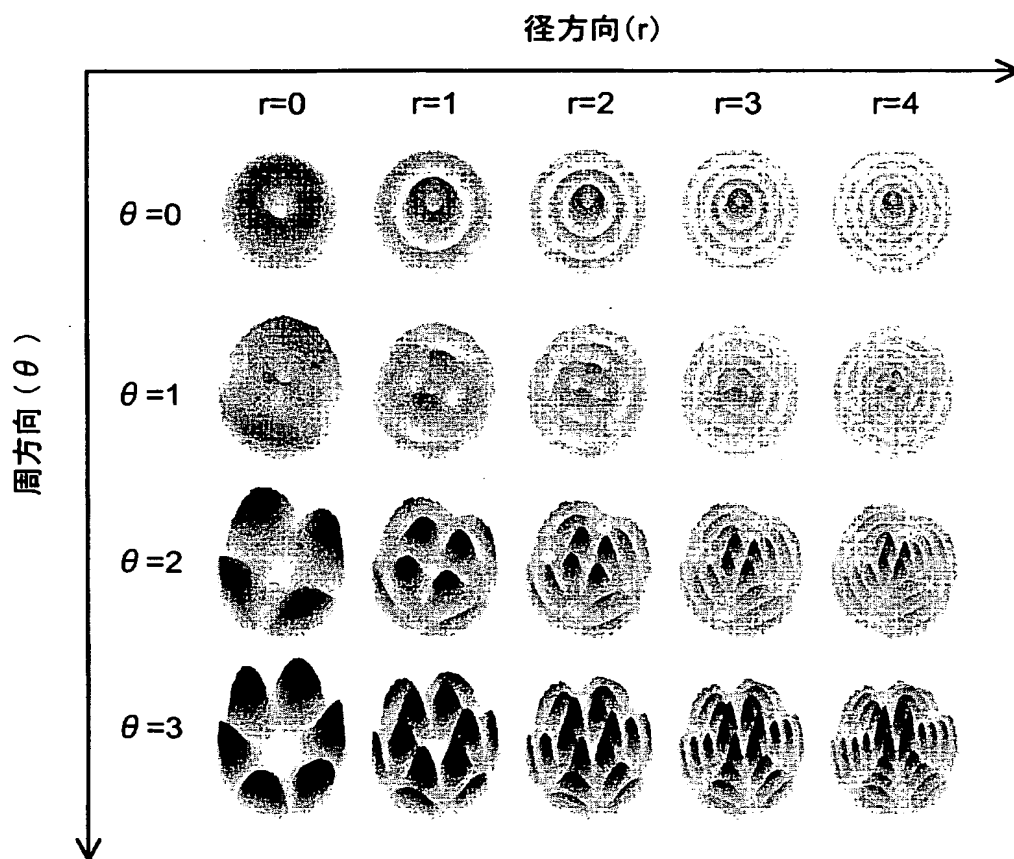
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、試料の処理面に対して均一な処理を施すことができるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 マイクロ波を発生するマイクロ波発生手段 1 と、前記マイクロ波発生手段 1 に接続され、試料 12 の処理面に沿う断面の対向する二辺が平行な矩形状であり、前記マイクロ波発生手段 1 から発生したマイクロ波の電界強度分布を前記試料 12 の処理面に沿って概ね均一にする第 1 誘電体 15 と、前記マイクロ波により反応器 4 内に発生するプラズマを用いて前記試料 12 を処理する処理手段とを有し、前記試料 12 の処理面に沿う方向における、前記第 1 誘電体 15 の対向する二辺の間隔  $L_{d1}$  は、実質的に下記式 (1) を満たすプラズマ処理装置を提供する。

$$L_{d1} = n_{d1} (\lambda_1 / 2) \quad \dots (1)$$

ここで、 $\lambda_1$ ：前記第 1 誘電体内のマイクロ波の波長

$n_{d1}$ ：1 以上の整数である。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 1 6 0 2 4 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地

氏 名

ローム株式会社